

## RANCANG BANGUN ALAT UKUR KECEPATAN DAN ARAH ANGIN BERBASIS ARDUINO UNO ATMEGA 328P

**Dewi Wijayanti, Endah Rahmawati dan Imam Sucahyo**

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, email : [devanalin23@gmail.com](mailto:devanalin23@gmail.com)

### Abstrak

Angin merupakan pergerakan udara secara horisontal yang diakibatkan adanya perbedaan tekanan udara di suatu kawasan. Informasi kecepatan dan arah angin digunakan untuk memprediksi cuaca dan iklim di suatu tempat. Kecepatan dan arah angin dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur yang akurat. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring kecepatan dan arah angin. Sistem pengukuran kecepatan terdiri dari satu sensor *optocoupler* sedangkan penentu arah angin terdiri dari empat sensor *optocoupler*, kedua alat tersebut terhubung dengan Arduino Uno Atmega 328p sebagai pemrosesan sinyal. Pengujian dilakukan dengan membandingkan alat ukur kecepatan angin di Laboratorium menggunakan Anemometer Constant AN15. Alat ukur yang telah dikalibrasi dengan anemometer menunjukkan error rata-rata sebesar 1,85%. Selain di Laboratorium, alat ukur kecepatan dan arah angin juga digunakan di pantai Kenjeran dekat Jembatan Suramadu dan kawasan BMKG Juanda. Pengukuran kecepatan angin di pantai Kenjeran dekat Jembatan Suramadu dilakukan pada siang hari, diperoleh hasil kecepatan angin tertinggi 17,75 km/jam dan terendah 1,30 km/jam. Pengukuran kecepatan angin di kawasan BMKG Juanda diperoleh hasil maksimum 5,4 km/jam dan minimum 0 km/jam. Hasil dari pengujian penentu arah angin di Laboratorium dengan menggunakan alat pembanding kompas terdeteksi 16 arah angin yang sesuai dengan *wind rose*.

**Kata Kunci :** Anemometer, kecepatan dan arah angin, Arduino Uno Atmega 328p, Sensor Optocoupler

### Abstract

Wind is horizontal air movement which has physical magnitude of velocity and direction caused by differences of air pressure in regions. The information of wind is the most important thing to determine velocity and wind direction so it can be predicted of weather and climate in somewhere. Wind velocity and direction can be known by measurement instrument which can record wind movement accurately. The purpose of this research is designing measurement system which can monitor velocity and direction of wind. Velocity measurement is consist of one optocoupler sensor while wind direction indicator is consist of four optocoupler sensors, both of them connect to Arduino Uno as signal processing. Testing is done by comparing the wind speed measuring devices in the laboratory using Constant Anemometer AN15. Measuring instrument that has been calibrated anemometer shows the average error - average of 1.85%. In addition to the laboratory, tool measuring wind speed and direction are also used on the coast near the bridge Kenjeran longest and Juanda BMKG region. Measurement of wind speed at beach Kenjeran near Suramadu done during the day, the highest wind speed results obtained 17.75 km / h and the lowest was 1.30 km/h. Measurement of wind speed in the region Juanda BMKG obtained maximum yield of 5.4 km/h and minimum 0 km/h. Results of testing performed determinant of the direction of wind in the laboratory by comparing the measuring instrument with a compass showed that the instrument can detect 16 wind direction in accordance with the wind rose.

**Keywords:** Anemometer, Wind Velocity, Wind Direction, Arduino Atmega 328p, Optocoupler

## PENDAHULUAN

Angin merupakan pergerakan udara secara horizontal yang memiliki besaran fisis kecepatan dan arah diakibatkan oleh adanya perbedaan tekanan udara di suatu daerah. Untuk mengetahui besar dari kecepatan dan arah angin tersebut dibutuhkan suatu alat yang akurat dalam pengukurannya. Anemometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan dan arah angin digunakan pada stasiun cuaca.

Penelitian ini dirancang sistem monitoring kecepatan dan arah angin. Alat ukur kecepatan dan arah angin berbasis Arduino ATmega328p yang diharapkan mampu mengukur perubahan angin lebih presisi dengan

menggunakan sensor optocoupler yang tergolong murah dan memiliki kualitas baik. Pada perancangan kecepatan dan arah angin ini menggunakan *software* arduino yang dimanfaatkan sebagai *interface* antara PC dengan sensor.

## TEORI DASAR

Angin merupakan pergerakan udara secara alami yang mempunyai arah dan kecepatan diakibatkan oleh rotasi bumi sehingga angin terbentuk sebagai hasil dari gerakan udara dari daerah bertekanan tinggi ke daerah tekanan rendah. Dengan arah angin merupakan asal hembusan angin bertiup yang dapat ditunjukkan dengan 16 titik-titik pada kompas. Hembusan angin menunjukkan dari mana datangnya bukan ke mana angin itu bergerak.

Menurut **hukum Buys Ballot**, “Udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum), di belahan bumi utara berbelok ke kanan sedangkan di belahan bumi selatan berbelok ke kiri”. Jika tidak ada gaya lain yang mempengaruhi, maka angin akan bergerak secara langsung dari udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah. Pengaruh perputaran bumi terhadap arah angin disebut pengaruh **Coriolis** (*coriolis effect*). Pengaruh coriolis menyebabkan angin bergerak searah jarum jam mengitari daerah bertekanan rendah di belahan bumi selatan dan sebaliknya bergerak dengan arah yang berlawanan dengan arah jarum jam mengitari daerah bertekanan rendah di belahan bumi utara.

Arah Angin adalah arah dari mana angin berhembus dan dinyatakan dalam derajat arah (*Direction Degree*) yang diukur searah dengan arah jarum jam mulai dari titik utara Bumi atau secara sederhana sesuai dengan skala sudut pada kompas (*Raharjo dan Riyadi.2004*).

Kecepatan angin adalah kecepatan udara yang bergerak secara horizontal yang dipengaruhi oleh gradien barometris letak tempat, tinggi tempat, dan keadaan topografi suatu tempat. Untuk pengukuran kecepatan angin yang lebih baik memang dilakukan pada ketinggian 10 m, dengan pertimbangan efek dari lapisan perbatas. Untuk satuan kecepatan angin dalam meter per detik, kilometer per jam atau knot ( $1 \text{ m/s} = 1,9438 \text{ knots} = 3,6 \text{ km/jam}$ ).

Berdasarkan pengertiannya kecepatan angin tidak pasti atau selalu berubah-ubah dalam setiap keadaan maka yang harus dilakukan adalah melakukan pengamatan melalui skala standar internasional yaitu dengan menggunakan skala Beaufort seperti pada tabel berikut ini :

**Tabel 2.1 Kekuatan Angin menurut Skala Beaufort**

Skala Beaufort	Kecepatan Angin		Nama Uraian Angin	Nama Inggris	Keterangan
	m/s	Knot			
0	0,0-0,2	0-1	Angin reda	Calm	Tiang asap tegak
1	0,3-0,5	1-3	Angin sepoi-sepoi	Light air	Tiang asap miring
2	1,6-3,3	4-6	Angin lemah	Light breeze	Daun-daun bergerak
3	3,4-5,4	7-10	Angin sedang	Gentle breeze	Ranting-rantin bergerak
4	5,5-7,9	11-16	Angin tegang	Moderate breeze	Dahan-dahan bergerak
5	8,0-10,7	17-21	Angin keras	Fresh breeze	Batang pohon bergerak
6	10,8-13,8	22-27	Angin keras sekali	Strong breeze	Batang pohon besar bergerak
7	13,9-17,1	28-33	Angin ribut	High wind, Moderate gale,	Dahan-dahan patah
8	17,2-20,7	34-40	Angin ribut hebat	Gale, Fresh gale	Pohon-pohon kecil patah
9	20,8-24,4	41-47	Angin badai	Strong gale	Pohon-pohon besar patah
10	24,5-28,4	48-55	Angin badai hebat	Storm, Whole gale	Rumah-rumah roboh
11	28,5-32,6	56-63	Angin taifun	Violent storm	Bendah berat berterbangan
12	32,7	64 lebih	Angin taifu lebih hebat	Hurricane	Kerusakan hebat.

Sumber: Sujitno Ah.M.G.1978

Dengan mengabaikan faktor gesekan pada poros baling-baling, maka menggunakan rumus kecepatan dan keliling lingkaran.

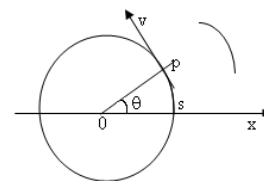
$$v = r \omega$$

$$K = 2 \pi r$$

Dari persamaan diatas didapatkan dari hubungan kecepatan sudut dan kecepatan linier. Jika suatu benda tegar berotasi mengelilingi sebuah sumbu tetap, setiap partikel pada benda akan bergerak melingkar (Halliday,1978). Dengan  $r$  jarak dari sumbu ke titik  $p$  di dalam benda, sehingga titik itu bergerak dalam lingkaran berjari-jari  $r$ , seperti pada gambar. Bila jari-jari membentuk sudut  $\theta$  dengan sumbu acuan, jarak  $s$  ke titik  $p$ , diukur sepanjang lintasan lingkaran, ialah :

$$S = r \theta$$

Jika  $\theta$  dinyatakan dalam radian  $p$ ,



**Gb.2** Jarak yang ditempuh titik  $p$  sama dengan  $\theta$   
Sumber :Halliday,1978

Mendiferensialkan persamaan diatas (1) terhadap  $t$ , dengan  $r$  konstan, sehingga diperoleh :

$$\frac{ds}{dt} = r \frac{d\theta}{dt} \quad (2.2)$$

Dengan  $\frac{ds}{dt}$  adalah besaran kecepatan linier  $v$  titik  $p$ , dan  $\frac{d\theta}{dt}$  adalah kecepatan sudut  $\omega$  benda yang berputar dari persamaan tersebut i dapatkan :

$$v = r \omega$$

Dan besar  $v$  kecepatan linier sama dengan hasil kali kecepatan sudut  $\omega$  dengan jarak  $r$  dari titik ke sumbu dan persamaan :

$$\omega = 2 \pi f$$

dengan mensubstitusikan ke persamaan (2.3), diperoleh :

$$v = r (2 \pi f)$$

$$v = (2 \pi r) f$$

karena  $(2 \pi r)$  = keliling lingkaran dan  $f$  adalah frekuensi maka,

$$v = \text{keliling lingkaran} * f$$

frekuensi yang dimaksud pada penelitian ini merupakan hasil *counter* dari banyaknya baling – baling.

**Tabel 2** Susunan kode biner terhadap arah mata angin

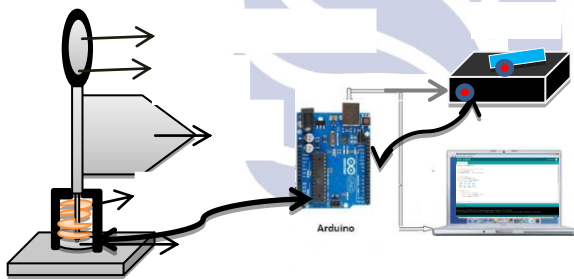
Dec	Biner	Arah	Singkatan	Besar Derajat
0	0000	Utara	U	$0^\circ$ atau $360^\circ$
1	0001	Utara Timur Laut	UTL	$22,5^\circ$
2	0010	Timur Laut	TL	$45^\circ$
3	0011	Timur Timur Laut	TTL	$67,5^\circ$
4	0100	Timur	T	$90^\circ$
5	0101	Timur Menenggara	TM	$112,5^\circ$

Dec	Biner	Arah	Singkatan	Besar Derajat
6	0110	Tenggara	TG	135 <sup>0</sup>
7	0111	Selatan Menenggara	SM	157.5 <sup>0</sup>
8	1000	Selatan	S	180 <sup>0</sup>
9	1001	Selatan Barat Daya	SBD	202.5 <sup>0</sup>
10	1010	Barat Daya	BD	225 <sup>0</sup>
11	1011	Barat Barat Daya	BBD	247.5 <sup>0</sup>
12	1100	Barat	B	270 <sup>0</sup>
13	1101	Barat Barat Laut	BBL	292.5 <sup>0</sup>
14	1110	Barat Laut	BL	315 <sup>0</sup>
15	1111	Utara Barat Laut	UBL	337.5 <sup>0</sup>

Pengkodean disusun dari 4 pasang sensor yang membentuk kode kelabu yang menghasilkan 16 kode kelabu sebagai penunjuk arah angin. Karena encoder tersebut berbentuk 4 lempengan yang terbagi dalam 16 daerah yang berbeda-beda, maka resolusi setiap perubahan 22,5° pada lempengan tersebut akan terjadi perubahan arah angin.

## METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai kecepatan dan arah mata angin yang dilakukan dalam skala laboratorium yaitu dengan mengambil sampel angin yang akan diketahui nilainya.



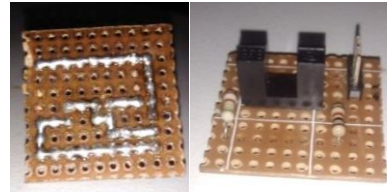
Gb.3 Skematik sistem

Sistem pengukuran ini terbagi menjadi dua bagian yaitu sistem pengukuran kecepatan angin dan sistem penentu arah angin. Penelitian ini dilakukan di dalam Laboratorium dengan menggunakan kipas angin sebagai sumber angin. Pengukuran tersebut dihubungkan dengan sensor *optocoupler* yang mempunyai *output* tegangan yang kemudian diolah oleh arduino. Sistem pengukuran kecepatan angin nilai *output* dari sensor dihubungkan pada pin D2 dan dikonversikan menjadi nilai satuan kecepatan dengan program yang sudah dikoding pada *software* arduino tersebut. Sistem penentu arah angin nilai *output* dari sensor dihubungkan pada pin A0 – A3 dan dikonversikan menjadi bilangan biner yang terkoding pada arduino. Hasil sistem pengukuran kedua sistem tersebut ditampilkan pada serial print PC dan LCD.

## Perancangan Hardware Alat Ukur

Dalam perancangan hardware ini sistem pengukuran dibuat perancangan sistem yang menunjang untuk melakukan proses pengukuran angin yaitu membuat

rangkaian sensor optocoupler, membuat hardware alat ukur dan membuat software. Sensor yang digunakan pada alat ukur kecepatan dan arah angin yaitu optocoupler tipe S53. Berikut rangkaian dari sensor optocoupler:



Gb.4 Rangkaian sensor optocoupler

Untuk mendapatkan nilai dari RPM (*rotation per minute*), maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$RPM = \frac{\text{jumlah pulsa yang dibaca (RPM Counter)} \times 60}{\text{jumlah celah h(16)}} \quad (3.1)$$

Pengujian alat ukur ini menggunakan media *kipas angin* sebagai sumber angin. Untuk mengetahui nilai kecepatan angin didapatkan dari persamaan berikut (Agustin, Shita. 2014.):

$$v = RPM \frac{2\pi r}{60} \quad (3.2)$$

Keterangan :

V = kecepatan angin (m/s)

R = jari-jari baling-baling (0,03 m)

Pada mekanik penentu arah angin ini menggunakan sirip yang terbuat dari bahan yang ringan dengan ukuran 21 x 12 cm sedangkan untuk piringan sensor terbuat dari encoder 4-bit yang tersusun atas empat bagian yang mewakili tiap bitnya dan empat rangkaian sensor optocoupler yang digunakan untuk membaca nilai perubahan arah angin sehingga arah angin yang dapat terbaca oleh sensor adalah 16 arah mata angin dengan tatakan alat ini menggunakan pvc berbentuk persegi panjang. Berikut merupakan alat ukur kecepatan dan arah angin.



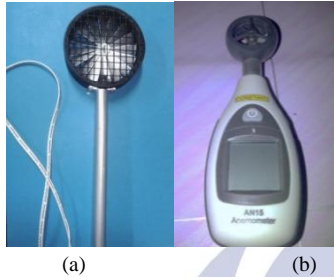
Gb.5 Hardware alat ukur kecepatan dan arah angin

## Pengujian Alat Ukur Kecepatan Angin

Pengujian alat ukur dilakukan untuk mengetahui nilai yang dihasilkan sesuai dengan alat yang standar. Hasil pengujian nilai RPM tersebut diambil dengan menggunakan angin dari kipas angin dengan kecepatan yang berbeda-beda dengan jarak yang tetap dan di putar secara bersamaan. Untuk mengetahui nilai sudah sesuai maka hasil keluaran pada alat ukur dibandingkan dengan perhitungan RPM.



Pengukuran alat ukur selanjutnya yaitu menguji kecepatan dan arah angin dengan sumber angin yang digunakan adalah kipas angin. Jarak sama namun kecepatan yang berbeda-beda. Pada pengujian ini alat ukur disandingkan dengan anemometer standar. Jarak dibuat berbeda-beda dan kecepatan sumber angin dari kipas angin yang sama dengan setiap kecepatan kipas angin dilakukan lima kali membandingkan antara keluaran alat dan anemometer standar.



Gb.6 pengujian kecepatan angin (a) alat ukur kecepatan (b) anemometer constant AN 15 (alat ukur kecepatan standar)

### Pengujian Pengukuran Arah Angin

Arah angin untuk di daerah permukaan biasanya dinyatakan dalam 16 arah kompas yang dikenal dengan istilah *wind rose* (Premadi dkk, 2014.). Pada pengukuran arah angin ini menggunakan empat rangkaian optocoupler yang tiap rangkaiannya mewakili kode biner yang digunakan untuk membaca nilai perubahan arah angin sehingga terbaca oleh sensor adalah 16 arah mata angin. Setelah arah angin sudah pasti, alat ukur di uji coba dengan menggunakan sumber angin yang berasal dari kipas angin yang diletakkan dari berbeda-beda arah untuk memastikan arah yang sudah ditentukan sesuai dengan pembacaan sensor dan LCD.



Gb.7 pengujian arah angin (a) alat ukur arah angin (b) kompas

### Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data pada penelitian ini terdapat dua tahap yaitu pengukuran kecepatan angin dan pengukuran arah angin. Proses pengumpulan data yang dilaksanakan di Laboratorium Universitas Negeri Surabaya dengan mengkalibrasi alat uji dengan alat ukur anemometer constant AN15 dan alat ukur arah angin yang standart yaitu kompas. Pengambilan data dapat diperoleh dari pengukuran kecepatan angin menggunakan sumber angin dari kipas angin dan monitoring kecepatan angin dengan sumber angin yang sebenarnya.

Untuk pengambilan data pengukuran kecepatan angin tersebut dilakukan dengan memberikan besar kecepatan angin yang konstan dan menggunakan jarak yang berbeda-beda. Kemudian membandingkan alat ukur yang dirancang dengan alat standart yang telah disediakan, dimana jarak alat ukur standar dan sensor kecepatan angin harus sama pada sumber angin. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui perbandingan alat ukur dengan anemometer standard. Setelah itu dilakukan pengambilan data kecepatan angin dengan cara menguji alat ukur pada kecepatan angin yang acak seperti halnya kecepatan angin di pantai Kenjeran (bawah jembatan Suramadu) dan di kawasan Juanda dekat landasan penerbangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Rangkaian Sensor *Optocoupler* untuk Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin

Sensor *optocoupler* merupakan sensor yang mendeteksi perubahan kondisi benda yang ada dihadapannya (Akbar Fajaruddin, Indra, 2012). Sensor optocoupler ini akan bernilai *high* jika dalam keadaan terhalang sedangkan akan bernilai *low* jika dalam kondisi tidak terhalang. Pada pengujian sensor ini diambil 5 kali pengujian, berikut hasil pengujian:

Tabel 4.1 Pengujian Tegangan *Output* Pada Sensor *Optocoupler* Untuk Kecepatan Dan Arah Angin

Data Pengujian Optocoupler			
No	Tegangan Masuk	Kondisi Optocoupler	Tegangan Keluar
1	5V	Terbuka	5,00 V
		Tertutup	0,12 V
2	5V	Terbuka	4,99 V
		Tertutup	0,13 V
3	5V	Terbuka	5,00 V
		Tertutup	0,12 V
4	5V	Terbuka	5,00 V
		Tertutup	0,13 V
5	5V	Terbuka	4,98 V
		Tertutup	0,13 V

Dari tabel 4.1 dengan pengambilan data sebanyak 5 kali diperoleh nilai tegangan yang berbeda-beda, namun perbedaan nilai tegangannya tidak terlalu jauh. Hal tersebut dikarenakan tegangan dipengaruhi oleh sumber tegangan yang tidak stabil. Apabila sensor dalam keadaan terhalang maka tegangan yang terukur "*high*". Keadaan tidak terhalang maka tegangan yang terukur "*low*".

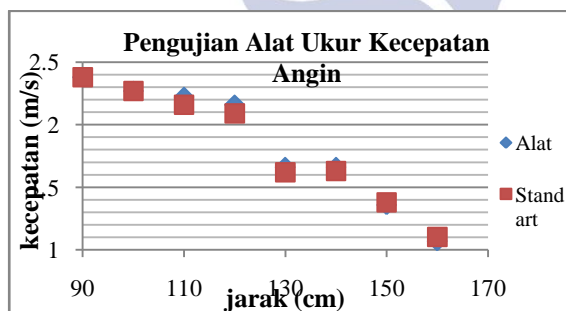
### Hasil Pengujian Alat Ukur Kecepatan Angin di Laboratorium

Pada pengujian kecepatan angin ini menggunakan RPM (*Rotation per Minute*). Untuk mengetahui nilai kecepatan angin dicari dengan persamaan 3.2, sehingga dari persamaan tersebut diperoleh hasil pengukuran kecepatan angin sebagai berikut:

**Tabel 4.2** Hasil pengujian anemometer standard dan alat ukur kecepatan angin

Jarak	V Alat (m/s)	V Standar (m/s)	Error	% Error
90	2,38	2,38	0	0,00
100	2,27	2,27	0	0,00
110	2,22	2,16	-0,06	2,78
120	2,16	2,09	-0,07	3,35
130	1,66	1,62	-0,04	2,47
140	1,66	1,63	-0,03	1,84
150	1,36	1,38	0,02	1,40
160	1,07	1,10	0,03	2,95
rata-rata % error				1,85

Data kecepatan angin yang diambil sebanyak delapan kali dengan jarak yang berbeda-beda. Pengambilan data dilakukan setiap 5 detik untuk mendapatkan nilai RPM yang terhitung oleh rangkaian sensor optocoupler pada alat ukur kecepatan. Pada grafik 4.1 terlihat perbandingan antara kecepatan angin pada alat dan kecepatan angin pada anemometer standard tidak memiliki selisih yang cukup jauh. Dari tabel 4.2 data yang diperoleh hasil pengujian antara anemometer standard dan alat ukur kecepatan angin rata – rata terdapat perbedaan yang sangat kecil. Pengukuran pada jarak terjauh diperoleh nilai error sebesar 2,95% dengan kecepatan angin pada alat pada penelitian ini sebesar 1,07 m/s dan pada anemometer standar sebesar 1,10 m/s. Sedangkan, pada jarak terdekat diperoleh nilai error sebesar 0% dengan kecepatan angin alat dan anemometer standar sebesar 2,38%. Nilai akhir rata-rata error dari beberapa data yang diperoleh sebesar 1,85%.

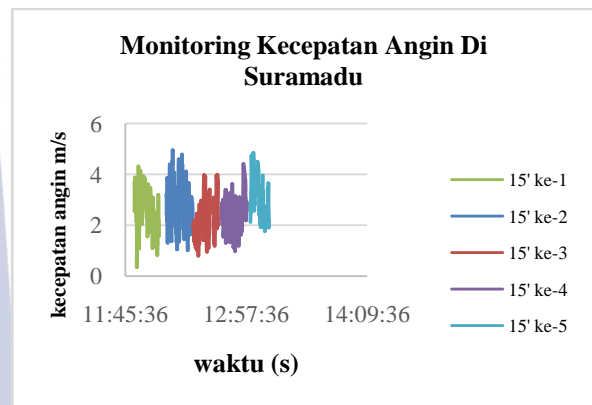
**Gb.8** Pengujian kecepatan angin alat dengan kecepatan angin anemometer pada jarak yang berbeda – beda

Seperti yang tertera pada gambar 4.1 hasil pengukuran alat ukur kecepatan angin menunjukkan antara jarak dan kecepatan dimana semakin jauh jarak antara alat dengan sumber angin maka yang terbaca oleh alat mempunyai nilai kecepatan yang kecil namun sebaliknya jika alat ukur di letakkan semakin dekat dengan sumber angin maka kecepatan angin yang terdeteksi mempunyai nilai yang besar. Data kecepatan angin yang diperoleh pada jarak 160 cm mempunyai nilai terkecil hal tersebut dikarenakan sumber angin yang diterima oleh alat ukur maupun anemometer standard tidak terfokus pada baling – baling. Sedangkan pada jarak terdekat yaitu 90 cm sumber angin yang diterima oleh

alat ukur maupun anemometer standard angin yang diterima fokus pada alat sehingga baling – baling dapat berputar cepat.

### Hasil Pengukuran dan Monitoring Kecepatan Angin di pantai Kenjeran dekat Suramadu

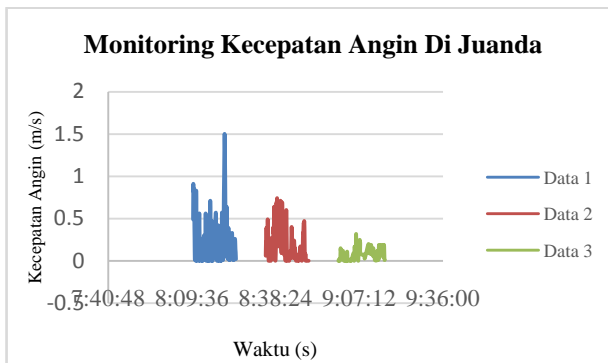
Berikut hasil pengukuran dan monitoring dengan menggunakan alat ukur kecepatan angin di luar Laboratorium dengan data yang diambil setiap 5 detik selama 15 menit sekali. Pengujian dilaksanakan pada bulan Juli 2015 disiang hari bertempat di bawah Jembatan Suramadu dengan kondisi cuaca yang berawan.

**Gb.9** Grafik kecepatan angin dengan alat di pantai kenjeran dekat Suramadu

Grafik diatas diperoleh dari data hasil pengukuran yang terlampir pada lampiran B, data diatas memperlihatkan bahwa pada pengambilan tersebut dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin daerah suramadu pada waktu 12:51 - 13:11 WIB tergolong pada kategori *light-breeze* (angin lemah). Kecepatan angin yang terukur minimal sebesar 0,36 m/s atau 1,296km/jam dan kecepatan angin maksimal 4,93m/s atau 17,75km/jam. Dengan rata – rata kecepatan angin yang diperoleh sebesar 2,56m/ssetara 4,98 knot atau 9,23 km/jam. Data yang diperoleh sesuai dengan data monitoring BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Perak Surabaya memiliki data bekisar 2 – 26 knot yang setara 1,03m/s - 13,37m/s atau 3,70 km/jam - 48,15km/jam.

### Hasil Pengukuran dan Monitoring Kecepatan Angin di Juanda

Berikut hasil pengukuran dan monitoring dengan menggunakan alat ukur kecepatan angin di luar Laboratorium dengan data yang diambil setiap 5 detik selama 15 menit sekali. Pengujian pada hari kedua yang dimulai pada pukul 08:10 – 09:15 WIB bertempat di kawasan Juanda dekat landasan penerbangan dengan kondisi cerah.



Gb.9 Grafik kecepatan angin dengan alat di kawasan Juanda

Grafik diatas diperoleh dari data hasil pengukuran yang terlampir pada lampiran C, dari pengambilan tersebut dapat Dari pengambilan tersebut dapat disimpulkan bahwa

kecepatan angin di kawasan Juanda pada pukul 08:10–09:15

WIB tergolong pada kategori *calm* (angin reda). Kecepatan angin yang terukur terendah 0,00 m/s atau 0 km/jam dan kecepatan angin tertinggi 1,50 m/s atau 5,4 km/jam. Dengan rata-rata kecepatan angin yang diperoleh tertinggi sebesar 0,22 m/s atau 0,79 km/jam.

### Hasil Pengujian Penentu Arah Angin

Dilakukan pengujian rangkaian sensor optocoupler pada alat ukur arah angin untuk mengetahui respon dari rangkaian tersebut. Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data sebanyak 16 kali dengan menggunakan kipas angin sebagai sumber angin yang diletakkan pada arah yang berbeda-beda. Untuk sistem pengukuran sensor arah angin ini menggunakan empat buah optocoupler yang masing-masing mewakili satu bit dimana dari empat bit tersebut mewakili satu arah.

Tabel 4.3 Pengujian Alat Penentu Arah Angin Dengan Kompas

pin Analog				Arah Angin	
0	1	2	3	Sirip yang terhubung dengan Kompas	Pembacaan Di LCD
0	0	0	0	Utara	Utara
1	0	0	0	Utara Timur Laut	Utara Timur Laut
0	1	0	0	Timur Laut	Timur Laut
1	1	0	0	Timur Timur Laut	Timur Timur Laut
0	0	1	0	Timur	Timur
1	0	1	0	Timur Menenggara	Timur Menenggara
0	1	1	0	Tenggara	Tenggara
1	1	1	0	Selatan Menenggara	Selatan Menenggara
0	0	0	1	Selatan	Selatan
1	0	0	1	Selatan Barat Daya	Selatan Barat Daya
0	1	0	1	Barat Daya	Barat Daya
1	1	0	1	Barat Barat Daya	Barat Barat Daya
0	0	1	1	Barat	Barat
1	0	1	1	Barat Barat Laut	Barat Barat Laut
0	1	1	1	Barat Laut	Barat Laut
1	1	1	1	Utara Barat Laut	Utara Barat Laut

Ketika sensor terhalang oleh celah baling – baling secara langsung sensor mengirimkan sinyal logika *high* dan *low* yang selanjutnya sinyal tersebut diolah pada 4 pin analog mikrokontroler arduino. Jika keempat pin berlogika *low* maka arah yang terdeteksi adalah utara. Selanjutnya pengambilan data arah angin sesuai dengan urutan tabel bilangan biner untuk empat pin analog (pin analog 0 – pin analog 3) yang secara berurutan menunjukkan 15 arah lainnya yaitu Utara Timur Laut, Timur Laut, Timur Timur Laut, Timur, Timur Menenggara, Tenggara, Selatan Menenggara, Selatan, Selatan Barat Daya, Barat Daya, Barat Barat Daya, Barat, Barat Barat Laut, Barat Laut, Utara Barat Laut. Kemudian arah yang terdeteksi oleh mikrokontroler arduino di tampilkan pada LCD dan selanjutnya hasil yang terukur disesuaikan dengan menggunakan kompas sebagai alat standard pendeteksi arah angin. Pada pengukuran arah angin ini terdapat 16 celah dimana tiap celahnya mewakili 22,5° dari 360°.

### Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan agar dapat merancang suatu alat ukur kecepatan dan arah angin untuk mengetahui hasil monitoring kecepatan dan arah angin. Dari tujuan penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan menggunakan rangkaian sensor optocoupler untuk sistem pengukuran kecepatan angin maupun pengukuran arah anginnya. Putaran baling – baling yang terdeteksi oleh sensor optocoupler mengirimkan pulsa langsung ke mikrokontroler arduino. Untuk mendapatkan nilai kecepatan angin pada program menggunakan persamaan (3.1) dan persamaan (3.2). Pengujian selanjutnya adalah dengan membandingkan kecepatan angin pada alat ukur standard dengan alat ukur kecepatan angin yang dirancang. Pengujian tersebut dilakukan dengan *kipas angin* sebagai sumber angin dengan jarak yang dimanipulasi. Hasil pada tabel 4.2, pengujian alat ukur kecepatan angin diperoleh nilai rata – rata persentasi error 1,85%. Error pada alat ukur terjadi karena adanya gesekan antar poros dengan baling – baling walaupun pada poros sudah di design memiliki gaya gesek seminimal mungkin namun tetap gaya gesek yang ada tidak sama dengan 0. Faktor kedua piringan derajat yang digunakan kurang sensitif terhadap kecepatan angin yang rendah. Jumlah lubang atau celah yang ada pada baling – baling (piringan derajat) sebanyak 16 semakin banyak jumlah celah pada piringan derajat maka pengukurannya semakin presisi.

Angin yang berhembus di pantai Kenjeran dekat Jembatan Suramadu pada pengambilan data diperoleh kecepatan angin maksimum 4,93 m/s atau 17,75 km/jam dan minimum 0,36 m/s atau 1,296 km/jam. Angin yang berhembus di kawasan landasan penerbangan Juanda pada pengambilan data di pagi hari diperoleh hasil



kecepatan maksimum 4,85 m/s atau 17,46 km/jam dan minimum 0 m/s atau 0 km/jam. Kenaikan dan perubahan kecepatan angin yang terjadi disebabkan adanya faktor suhu udara dan menjadikan perbedaan tekanan udara.

Sedangkan untuk penentu arah angin pengujian dan pengambilan datanya dibandingkan dengan kompas sebagai alat standar. Pengujian alat penentu arah angin dilakukan untuk mengetahui apakah alat penentu arah angin yang dibuat dapat menentukan 16 arah angin atau tidak dan untuk menguji apakah kode biner yang disusun menggunakan empat buah rangkaian sensor *optocoupler* sesuai atau tidak.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini yaitu sistem pengukuran kecepatan dan arah angin yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Sistem sensor untuk alat ukur kecepatan angin dapat membaca sinyal dari putaran baling – baling dan dapat mengirim data pada PC, hasil pengukuran menunjukkan kecepatan angin di dalam ruangan (Laboratorium) mempunyai hasil persentase error terhadap anemometer standart maksimal 2,95% dengan rata – rata error 1,85%. Alat ukur yang dirancang ini diuji di dua tempat yang berbeda dan dalam waktu yang berbeda yaitu di kawasan bawah Jembatan Suramadu pada siang hari dan di kawasan BMKG Juanda dekat landasan penerbangan. Hasil monitoring di kawasan bawah Jembatan Suramadu pada siang hari tertinggi 17,75 km/jam dan terendah 1,296 km/jam. Hasil monitoring di kawasan BMKG Juanda dekat landasan penerbangan pada pagi hari tertinggi 5,4 km/jam pada dan terendah 0,00 km/jam. Sehingga dari monitoring tersebut berhasil mengukur kecepatan angin dengan rentang 0 - 17,75 km/jam. Sedangkan sistem sensor untuk alat penentu arah angin yang dibuat dan diuji di laboratorium dapat digunakan untuk menentukan 16 arah angin sesuai dengan yang dinyatakan dalam penentuan arah angin permukaan *wind rose*.

### Saran

Untuk menyempurnakan penelitian sebelumnya disarankan untuk penelitian selanjutnya dengan menambahkan sensor kompas untuk lebih mudah dalam penentuan posisi arah. Desain untuk baling – baling yang lebih kuat agar tidak mudah selip pada saat pengambilan data di kecepatan angin kencang serta menggunakan bearing yang mempunyai pengaruh gesekan sekecil mungkin. Penempatan alat ukur pada saat kalibrasi harus diletakkan dengan benar karena akan mempengaruhi hasil pengukurannya. Untuk pengambilan data sebaiknya dilakukan di beberapa titik dan rentang waktu yang

sesuai dengan pengukuran yang ada. Dengan semakin berkembangnya teknologi sebaiknya ditambahkan sistem modul wireless agar pengiriman data tersampaikan secara *actual* dan dapat dilihat dengan sistem online aserta dapat ditambahkan sistem pengiriman melalui radio frekuensi sehingga data dapat diterima dari jarak jauh. Oleh karena angin merupakan parameter cuaca, maka pengukuran kecepatan dan arah angin seharusnya dilakukan harian dan disimpan pada memori ataupun sistem penyimpanan lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, Thoriq. 2013. Anemometer digital berbasis Mikrokontroler ATmega-16. Universitas Negeri Surabaya. Vol. 02, No. 03
- Bonadin, R., 2005, *Alat Penunjuk Arah Angin Dan Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler AT89C51*, Universitas Dipenogoro, Semarang.
- Eko P, Bonanto., Sumardi dan Drajat. 2011. Perancangan Sistem Monitoring Kecepatan dan arah angin menggunakan komunikasi ZIGBEE 2,4GHz. *Jurnal Teknik Elektro, Undip*.
- Fajaruddin, Indra Akbar. 2012. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kecepatan Angin dan Arah Angin pada BUOY WEATHER untuk Membangun Prediktor Cuaca Maritim. *Skripsi, Jurusan Teknik Fisika-ITS*.
- Hakim, Arief Rachman, Litasari dan Djuniadi. 2009. Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Komputer. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol.1 No.1.
- Halliday, David dan Robert Resnick. 1978. *Fisika jilid 1 ed:III*, (diterjemahkan oleh : P. Silaban dan Erwin S). Erlangga. Jakarta.
- Plant, Malcolm dan Jan Stuart. 1985. *Pengantar Ilmu Teknik Instrumentasi*. PT Gramedia. Jakarta.
- Premadi, Aswir, Andi M Nur Putra. 2014. Perancangan anemometer berbasis Internet. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 3, No. 1
- Raharjo, Nison Hastari dan Riyadi, Drajat Sugeng. 2004. Alat Ukur kecepatan dan arah angin. *Skripsi. Jurusan Teknik Elektro-ITS*
- Sujitno Ah.M.G. 1978. *Aneka Meteorologi dan Geofisika*. Jakarta. Akademi Meteorologi dan Geofisika Jakarta. Seri II.
- Keskin, Onur. dkk. 2012. *Monitoring and Determination of Wind Energy Potential by Web Based Wireless Network*. International Conference on Machine Learning and Applications.
- Kusumaningtyas, Agustin Shita. 2014. Rancang Bangun Sistem Monitoring Kecepatan Angin Berbasis Arduino Mega 2560. *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Fisika-ITS*.